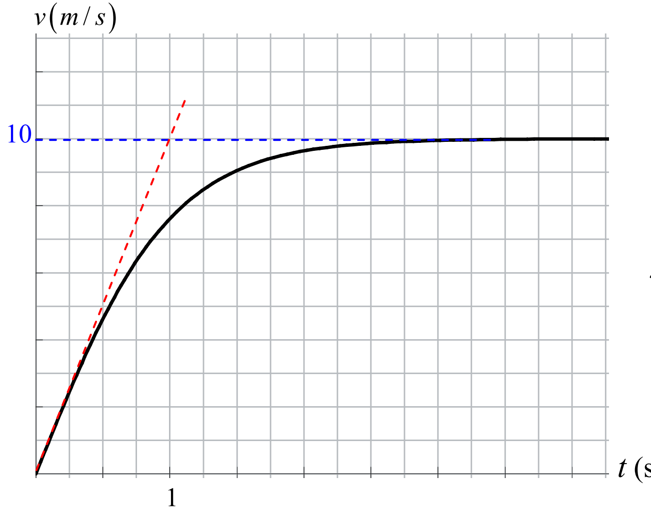
حسب الطبعة 2013 للكتاب

التمرين 27

1 – الشكل المعطى في الكتاب يوافق دافعة أرخميدس مهملة وقوة الاحتكاك $f = k\,v^2$.



في المجال الزمني [0 ; 2,75 s] : النظام الانتقالي

من أجل $t > 2,75s$: النظام الدائم

2 - أ) السرعة الحدّية : نرسم الخط المقارب الأفقي للبيان فيقطع محور السرعة في القيمة 10 m/s ، ومنه السرعة الحدّية هي $v_l = 10m/s$

ب) الزمن المميّز : نرسم المماس للبيان في المبدأ ونحدّد فاصلة تقاطعه مع الخط المقارب .

من البيان τ = 1 s

التمرين 28

1 – ثقل الجسم : $P = mg$ (1)

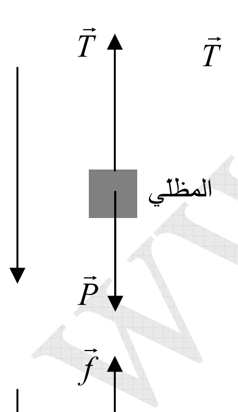
كتلة الجسم $m = \rho\ V = 8{,}9 \times 5 = 44{,}5g$ ، وبالتعويض في (1) : $P = 44{,}5 \times 10^{-3} \times 10 = 0{,}445N$

2 – دافعة أرخميدس في الماء هي ثقل الماء الذي أزاحه الجسم : $\Pi = \rho'_{eau}\, Vg = 1 \times 5 \times 10^{-3} \times 10 = 0{,}05\, N$

3 – دافعة أرخميدس في الهواء هي ثقل الهواء الذي أزاحه الجسم : $\Pi = \rho'_{air}\, Vg = 1{,}3 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^{-3} \times 10 = 6{,}5 \times 10^{-5}\, N$

التمرين 29

تتحرك الجملة بسرعة ثابتة ، إذن حركتها منتظمة .



1 – بالنسبة للمظلي : يخضع إلى قوتين هما : ثقله $\vec{P}$ وتوترات الحبال التي تشدّه للمظلّة والتي تكافئ قوة واحدة $\vec{T}$

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز عطالة المظلي : $\vec{P} + \vec{T} = m\,\vec{a}$ $(a = 0)$.

بإسقاط هذه العلاقة على المحور الموضّح في الشكل : $P - T = 0$ ، ومنه :

$T = P = mg = 60 \times 10 = 600N$

2 – بالنسبة للمظلة : تخضع المظلّة لقوّة ثقلها $\vec{P}'$ ومقاومة الهواء $\vec{f}$ وتوتّر الحبال $\vec{T}'$.

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز عطالة المظلة :

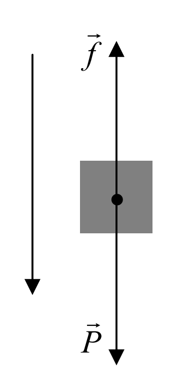
$\vec{P}' + \vec{T}' + \vec{f} = m'\,\vec{a}$ $(a = 0)$.

بإسقاط هذه العلاقة على المحور الموضّح في الشكل : $P' + T' - f = 0$ ،

ولدينا T = T’ (إهمال كتلة الحبال) ، ومنه :

$f = P' + T' = P' + T = 7 \times 10 + 600 = 670N$

التمرين 30



1 - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على حركة مركز عطالة المظلّي : $\vec{P}+\vec{f}=m\,\vec{a}$

بإسقاط العلاقة الشعاعية على المحور الموضّح في الشكل : $P-f=m\,a$ (1)

لدينا $a=\frac{dv}{dt}$ و $f=k\,v^2$ ، وبالتالي نكتب المعادلة التفاضلية : $mg-k\,v^2=m\frac{dv}{dt}$

بتقسيم طرفي المعادلة على m ، نكتب : $\frac{dv}{dt}+\frac{k}{m}\,v^2=g$ (2)

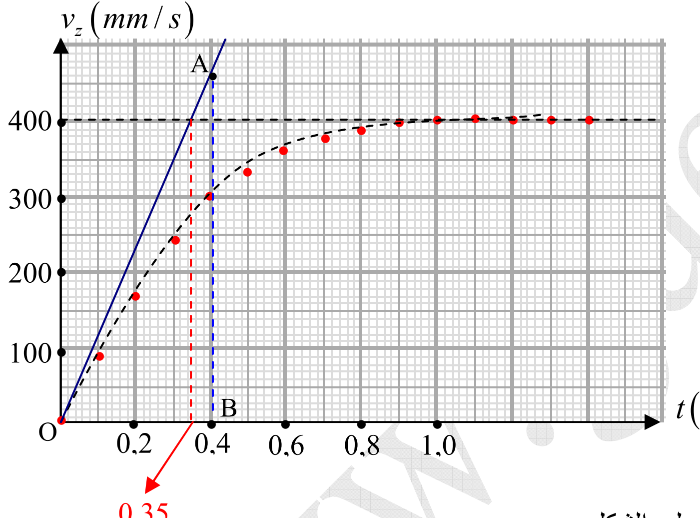
2 – قوة الثقل لا تتغيّر أثناء الحركة . في بداية السقوط تكون سرعة الجسم معدومة ، وأثناء النزول تزداد سرعته ، وبالتالي تزداد قوة الاحتكاك . وفي اللحظة التي تصبح فيها $f=P$ يصبح $a=0$ (العلاقة 1) ، أي $\frac{dv}{dt}=0$ ، وتصبح الحركة منتظمة .

3 - المعامل k هو معامل ثابت ، إذن يمكن أن نحسبه في أية لحظة . مثلا عندما تكون السرعة ثابتة يكون $\frac{dv}{dt}=0$

بالتعويض في العلاقة (2) نكتب : $\frac{k}{m}\,v^2=g$ ، وبالتالي $k=\frac{mg}{v^2}=48,4\ kg.m^{-1}$

التمرين 31

1 - أ) نعلم أن السرعة الابتدائية هي سرعة الجسم في اللحظة $t=0$. من البيان نستنتج $v_0=0$.



ب) من البيان نلاحظ أن بعد اللحظة $t=0,9$ s

تصبح سرعة الجسم ثابتة ، و هذه السرعة هي السرعة الحديّة ،

$v_l=400\ mm/s=0,4\ m/s$

2 - الزمن المميّز للسقوط : فاصلة تقاطع المماس للبيان في المبدأ

مع الخط المقارب هي قيمة الزمن المميّز للسقوط . $\tau=0,36$ s

3 - التسارع هو مشتق السرعة بالنسبة للزمن ، فهو يمثّل ميل

المماس لبيان السرعة . $a_0=\frac{v_l}{\tau}=\frac{0,4}{0,35}=1,14\ m/s^2$

4 - نكتب المعادلة التفاضلية $\frac{dv_z}{dt}=g\left(1-\rho_f\frac{V_s}{m}\right)-\frac{k}{m}v_z$ على الشكل :

$\frac{dv_z}{dt}=g-\frac{\rho_f V_s g}{m}-\frac{k}{m}v_z$ ، ونعلم أن دافعة أرخميدس $\pi=\rho_f V_s g$ ، وبالتالي $\frac{dv_z}{dt}=g-\frac{\pi}{m}-\frac{k}{m}v_z$ (1)

من أجل $v=0$ يكون $\frac{dv_z}{dt}=a_0=1,1\,m.s^{-2}$ ، ومن العلاقة (1) نستنتج $g-\frac{\pi}{m}=1,14$ ونجد $\pi=0,115\,N$

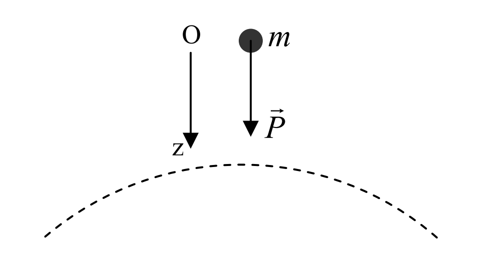
في العلاقة (1) ، لما $\frac{dv_z}{dt}=0$ فإن $v=v_l=0,4m/s$ ، وبالتعويض في (1) نجد $k=0,038\ kg/s$

يمكن كذلك حساب ثابت الاحتكاك (k) من عبارة الثابت المميز للحركة $k=\frac{m}{\tau}=\frac{13,3\times10^{-3}}{0,35}=0,038\ kg/s$

التمرين 32

1 - أثناء السقوط لا يخضع الجسم إلا لقوة ثقله (عدم وجود أية مقاومة ، وكأن الجسم يسقط داخل أنبوب نيوتن) . أنبوب نيوتن هو أنبوب زجاجي يوجد داخله 3 أجسام مختلفة : كرة خشبية صغيرة ، كرة معدنية صغيرة ، ريشة طائر . لما نفرّغ الأنبوب من الهواء نلاحظ أن هذه الأجسام كلها تسقط بنفس الشكل ، أي عندما نقلب الأنبوب شاقوليا ، فإنها تصل إلى أسفل الأنبوب في نفس الوقت . وهذا ما يحدث لهذه الأجسام بجوار سطح القمر . أنبوب نيوتن موجود في مخابر الفيزيـاء .

الجسم يسقط سقوطا حرّا على سطح القمر .



2 – المعادلة التفاضلية : بتطبيق القانون الثاني لنيوتن $\vec{P} = m\,\vec{a}$

بإسقاط العلاقة على Oz : $mg = m\dfrac{dv}{dt}$ ، وبالتالي : $\dfrac{dv}{dt} = g$

3 – المعادلات الزمنية : المقصود هو : $z(t)\ ,v(t)\ ,\ a(t)$

$a(t) = g$ ، بالمكاملة بالنسبة للزمن واستعمال الشروط الابتدائية ، نحصل على معادلة السرعة : $v(t) = gt + v_0$.

بالمكاملة بالنسبة للزمن واستعمال الشروط الابتدائية ، نحصل على معادلة الفاصلة : $z(t) = \dfrac{1}{2}t^2 + v_0 t + z_0$

4 - مدّة السقوط : حسب العبارة : **" ترك رجل الفضاء جسما يسقط ..."** نفهم أن السرعة الابتدائية معدومة .

لدينا : $h = \dfrac{1}{2}gt^2$ ، حيث t هي مدّة السقوط ، ومنه $t = \sqrt{\dfrac{2h}{g}} = \sqrt{\dfrac{4}{1,6}} = 1,58\ s$

سرعة مركز عطالة الجسم : $v = gt = 1,6 \times 1,58 = 2,53\ m/s$

التمرين 33

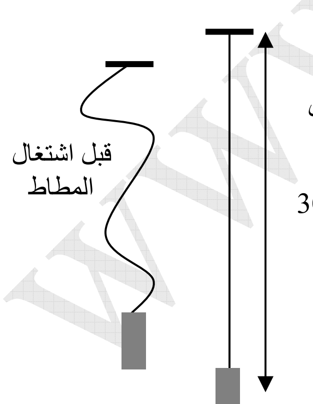
1 - بما أن السقوط حر ، إذن الشخص لا يخضع إلا لقوّة ثقله أثناء سقوطه :

القانون الثاني لنيوتن : $\vec{P} = m\vec{g} = m\,\vec{a}$ ، ومنه $\vec{a} = \vec{g}$ ، فالتسارع إذن مستقل عن الكتلة .

معادلات الحركة : $a(t) = g$ ، بالمكاملة بالنسبة للزمن واستعمال الشروط الابتدائية ، نحصل على معادلة السرعة :

$v(t) = gt + v_0$ ، ، بالمكاملة بالنسبة للزمن واستعمال الشروط الابتدائية ، نحصل على معادلة الفاصلة :

$$z(t) = \frac{1}{2}t^2 + v_0 t + z_0$$



إحداثيات تسارع الشخص هي $\vec{a}(0,0,a_z) = (0,0,g)$

ومنه المسار هو الشاقول (حركة مستقيمة) .

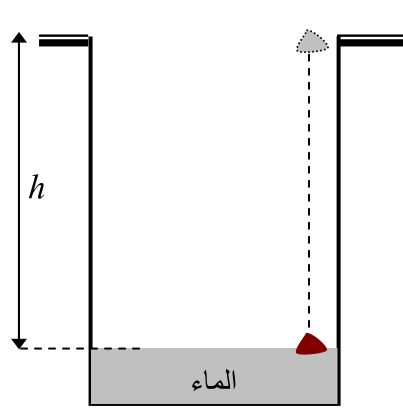
2 – قبل أن يبدأ المطاط في التأثير على الشخص يكون هذا الأخير خاضعا فقط لقوّة ثقله .

أ) مدّة السقوط : $t = \sqrt{\dfrac{2h}{g}} = \sqrt{\dfrac{60}{9,8}} = 2,47\ s$

ب) السرعة : $v = gt = 9,8 \times 2,47 = 24,2\ m/s$

جـ) الطـاقة الحركية : $E_C = \dfrac{1}{2}mv^2 = 0,5 \times 75(24,2)^2 = 21961\ J$

التمرين 34



نفرض أن الحجر تركناه يسقط من حافة فوهة البئر . ثم أن عمق البئر المطلوب هو فقط من حافة فوهة البئر حتى مستوى سطح الماء .

نفرض كذلك أن الحجر سقط في البئر سقوطا حرّا .

1 - $h=\frac{1}{2}gt^2=0,5\times 9,8\times 4=19,6\,m$

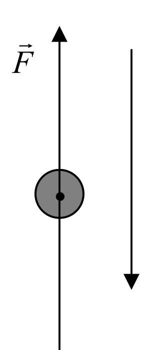
2 - $v=gt=9,8\times 2=19,6\ m/s$ (سرعة وصول الحجر إلى سطح الماء)

3 – نفرض أن أذن الشخص الذي ترك الحجر يسقط في البئر كانت بجوار حافة البئر .

ينتشر الصوت بسرعة ثابتة $v_s=340\,m/s$. المدة اللازمة لانتشار الصوت من الماء إلى الأذن هي إذن $t_s=\frac{h}{v_s}=\frac{19,6}{340}=0,057\ s$

المدة الزمنية منذ ترك الحجر إلى سماع الصوت هي $t'=t+t_s=2+0,057=2,057\ s$

التمرين 35



1 - ثقل قطرة الماء : $P=mg=\rho_{eau}Vg$

دافعة أرخميدس التي تؤثر على الكرة في الهواء : $\Pi=\rho_{air}Vg$.

نقارن بين ثقل القطرة ودافعة أرخميدس بقسمة الثقل على الدافعة $\frac{P}{\Pi}=\frac{\rho_{eau}}{\rho_{air}}=\frac{1000}{1,3}\approx 769$

نلاحظ أن الثقل أكبر بكثير من دافعة أرخميدس ، لهذا يمكن إهمالها أمام الثقل .

2 – بتطبيق القانون الثاني لنيوتن $\vec{P}+\vec{F}=m\,\vec{a}$ ، وبإسقاط هذه العلاقة على المحور الموضح في الشكل :

$P-F=m\,a$

$mg-6\pi r\eta\,v=m\frac{dv}{dt}$ ، ومنه المعادلة التفاضلية المطلوبة : $\frac{dv}{dt}+\frac{6\pi r\eta}{m}v=g$ (1)

3 – السرعة الحدّية : تبلغ الكرة سرعة حدية ، معناه تصبح سرعتها ثابتة ، وبالتالي : $\frac{dv}{dt}=0$

باستعمال العلاقة (1) نكتب $\frac{6\pi r\eta}{m}v_l=g$ ، ومنه $v_l=\frac{mg}{6\pi r\eta}$ (2)

نحسب كتلة قطرة الماء : القطرة عبارة عن كرة إذن حجمها هو $V=\frac{4}{3}\pi r^3$ ، كتلتها : $m=\rho_{eau}\times V$

$$m=\rho_{eau}\times\frac{4}{3}\pi r^3=1\times\frac{4}{3}\times 3,14\times\left(20\times 10^{-4}\right)^3=3,35\times 10^{-8}g$$

بالتعويض في العلاقة (2) $v_l=\frac{3,35\times 10^{-11}\times 10}{6\times 3,14\times 20\times 10^{-6}\times 1,8\times 10^{-5}}=4,9\times 10^{-2}\ m/s$

التمرين 36

1 - وحدة k و λ : لدينا مثلا $f = k\,v$ ، ومنه $k = \dfrac{f}{v}$ ، وبالتحليل البعدي : $[k] = \dfrac{[K][M][T]^{-2}}{[M][T]^{-1}} = [K][T]^{-1}$

حيث : K : الكيلوغرام ، M : المتر ، T : الزمن

النيوتن هو كتلة مضروبة في تسارع ، أي $kg\,.\,m/s^{-2}$. وبالتالي وحدة k و λ هي kg/s

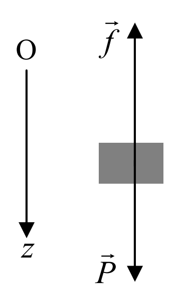
ملاحظة : هناك وحدة أخرى لـ k و λ إذا كان الاحتكاك من الشكل $f = k\,v^2$ ، وهي kg/m

2 – السرعة الحدّية قبل فتح المظلة $v_0 = \dfrac{mg}{k} = \dfrac{700}{14} = 50\ m/s$

3 - السرعة الحدّية بعد فتح المظلة $v_1 = \dfrac{mg}{\lambda} = \dfrac{700}{350} = 2\ m/s$

4 - تطبيق القانون الثاني لنيوتن على الجملة (مظلي + مظلة مفتوحة) :

$\vec{P} + \vec{f} = m\,\vec{a}$ ، وبإسقاط هذه العلاقة الشعاعية على المحور Oz ، $P - f = m\,a$



$mg - \lambda\,v(t) = m\dfrac{dv(t)}{dt}$ ، وبتقسيم طرفي المعادلة على λ ، نكتب : $\dfrac{mg}{\lambda} - v(t) = \dfrac{m}{\lambda}\dfrac{dv(t)}{dt}$ (1)

ولدينا $v_1 = \dfrac{mg}{\lambda}$ ، وبالتالي تصبح العلاقة (1) $v(t) - v_1 = -\dfrac{m}{\lambda}\dfrac{dv(t)}{dt}$ (2)

إن حل هذه المعادلة التفاضلية من الشكل : $v(t) = Ae^{\alpha t} + B$ (3)

بالتعويض في المعادلة (2) : $A\,e^{\alpha t} + B - v_1 = -\dfrac{m}{\lambda}\,A\alpha e^{\alpha t}$

$Ae^{\alpha t}\left(1 + \dfrac{m}{\lambda}\alpha\right) + B - v_1 = 0$ ، ولكي تكون هذه المعادلة محققة يجب أن يكون $\left(1 + \dfrac{m}{\lambda}\alpha\right) = 0$ و $B - v_1 = 0$ ، ومنه :

$\alpha = -\dfrac{\lambda}{m}$ و $B = v_1$.

لكي نحدّد A نستعمل الشروط الابتدائية ، أي عند $t = t_0$ كان $v = v_0$ ، حيث v_0 هي السرعة الحدية قبل فتح المظلّة . وبالتعويض في المعادلة (3) : $v_0 = A\,e^{\alpha t_0} + B$ ، ومنه $A = \dfrac{v_0 - v_1}{e^{-\frac{\lambda}{m}t_0}}$

وبالتالي يكون حل المعادلة التفاضلية : $v(t) = (v_0 - v_1)\,e^{-\frac{\lambda}{m}(t - t_0)} + v_1$

للمزيد : تمثيل السرعة بدلالة الزمن قبل وبعد فتح المظلة

